

DIE RUTSCHUNGEN AM EICHBERG BEI ACHDORF (WUTACH) ERSCHEINUNGSFORMEN, MECHANIK, URSACHEN

Mit 7 Abbildungen und 3 Bildern

GÜNTHER REICHELT

Summary: The landslips on the Eichberg at Achdorf (Wutach) – slip phenomena, their mechanics and causes

Data for the reconstruction of the slip events and their mechanics can be obtained from mapping of form elements. From this, it can be seen that the slipping on the Eichberg in 1966 was a serial slip moving from top to bottom along curved slip faces. Discussion of causes makes clear the coincidence of many factors favourable to slipping, which in their totality are only comprehensible in terms of the special location and measure of the slipping. Steep slopes and the geological underlay of spring-generating Brown Jura Clays provided essential preconditions. To these were added thick debris mantles of marked permeability which reduced the shear resistance capacity of the potential slip zone between debris and clay. Exceptionally high precipitation in the period before the slip seeped through to act as a lubricant for the slip material. Furthermore, woodland encouraged seepage and contributed to the trigger action. The comparatively high proportion of arable land may have been effective in the same way.

Das Wutachknie bei Achdorf ist als klassisches Beispiel einer Flußablenkung bekannt. Aber auch in anderer Hinsicht darf diese Landschaft eine mehr als nur lokale Bedeutung beanspruchen; finden doch hier ungewöhnlich häufig Rutschungen statt, die in modellhafter Klarheit vom flachen Rasenschliff bis zu Bergstürzen reichen. Die Talhänge dieses Gebietes sind gekennzeichnet durch ein Mosaik von Buckeln, Senken, Wülsten und Furchen: Zeugnisse ehemaliger Rutschungen, von denen im Ausschnitt der Abbildung 1 wohl so gut wie jede Stelle eines Hanges seit der Würmeiszeit mindestens einmal betroffen worden ist.

Am 7. Januar 1966 ereignete sich im Krottenbachtal unter dem Eichberg und am gegenüberliegenden „Scheffheu“ sowie am Buchberg wieder eine Reihe derartiger Rutschungen, deren größte als „Eichberg-rutschung“ einläßlicher dargestellt werden soll (vgl. Bild 1 und 2).

1. Die geologisch-morphologischen Verhältnisse

Das Krottenbachtal hat sich im Zusammenhang mit der Ablenkung der Feldbergdonau und Ausräumung der Wutachschlucht gleichzeitig mit dieser, also etwa seit dem Würmmaximum (ERB, 1937), vor dem Trauf der Dogger/Malm-Schichtstufe in die jurassischen Schichtglieder eingeschnitten. Die Ausräumung ist wei-

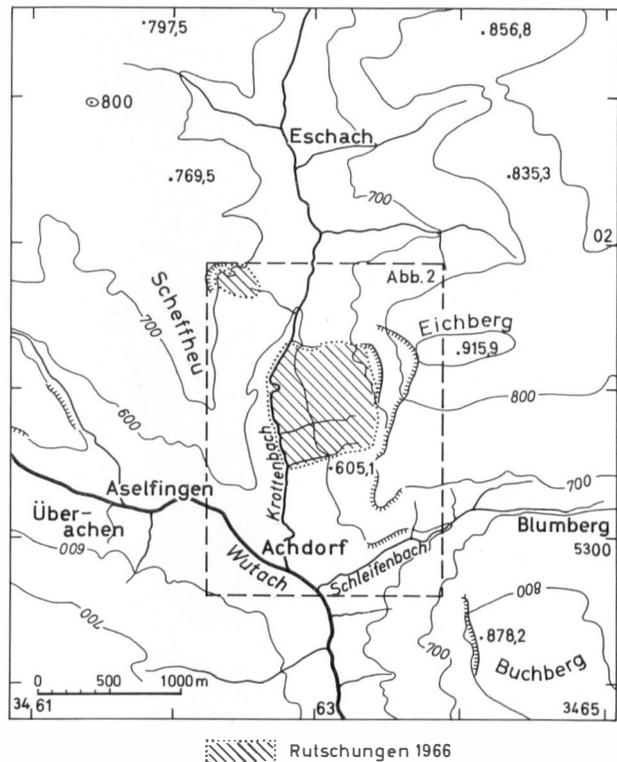


Abb. 1: Lage der Rutschgebiete

terhin im Gange. Die Talhänge sind zwischen 10° und 25° geneigt und werden unter dem Eichberg mit über 30° geradezu schroff. Die Reliefenergie zwischen Talsohle (580 m NN) und dem nur 1 km entfernten Eichberggipfel (um 915 m NN) ist groß.

Die Juraschichten wurden vom Malm β bis zu den Opalinustonon, im Ort Achdorf sogar bis zum oberen Lias freigelegt (Abb. 2). Allerdings ist das Anstehende infolge wiederholter Rutschungen häufig von Gehängeschutt oder ganzen abgerutschten Schollen bedeckt, so daß stellenweise eine geologische Kartierung unmöglich ist. Andererseits ist es gerade im Krottenbachtal durch sich ergänzende, schon klassisch gewordene Aufschlüsse am Scheffheu und Eichberg möglich, befriedigende Profile zu gewinnen. SCHALCH legte 1899 erstmals ein Gesamtprofil vor; Neubearbeitungen unternahm FRENTZEN (1941) und K. SAUER (1953).



Bild 1 und 2: Das Rutschgebiet unter dem Eichberg

Rechts davon die „Blumberger Pforte“ und der Buchberg;
im Talgrund das Krottenbächle
oben: Mai 1964, unten: Juni 1966

Der Hauptabriß an der „Bleiche“ im Wald ist gut zu erkennen.

Für einen Talquerschnitt im Rutschgebiet (etwa entlang der Gitterlinie 53.01, Blatt Blumberg 8117) ergibt sich folgendes Profil:

Unterschiedliche Auffassungen über die stratigraphische Grenzziehung (z.B. Dogger δ/ϵ und ϵ/ζ) bleiben für den Zweck unserer Untersuchung ohne Belang. Jedenfalls ergibt sich, daß die Hänge des Rutschgebietes im wesentlichen aus tonigen oder mergeligen Gesteinen bestehen, die nur durch einige, meist eisenoolithische Bänke von Kalksandstein oder Mergelkalk unterbrochen sind. Der größte Teil der Rutschung liegt im Bereich der Opalinustone, doch schneiden die Abrißnischen die Murchisonae-, Sowerbyi-Schichten und sogar die Kalkmergel des Braunjuras δ an.

Wie erwähnt ist die Oberfläche des Rutschungsgebietes von Gehängeschutt bedeckt, vornehmlich des oberen Doggers (und Malms) sowie des mittleren Doggers, wobei nicht nur Scherben oder große Blöcke, sondern auch ganze Schollenverbände vorkommen.

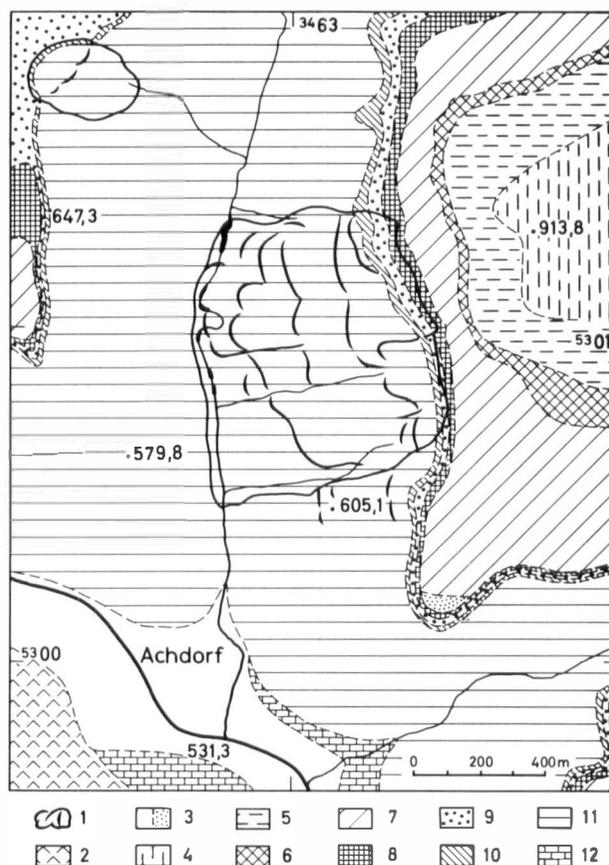


Abb. 2: Geologische Skizze (n. d. Kartierung v. SCHALCH)

1 Rutschungen 1966; 2 Anstehendes infolge Rutschungen unsicher; 3 postglaziale Auffüllung bzw. Würmschotter; 4 Malm 2; 5 Malmmergel 1; 6 Callovien; 7 Bathonien u. Parkinsoni; 8 Subfurcaten u. Ostreenkalke; 9 Sowerbyi-Sch.; 10 Murchisonae-Sch.; 11 Opalinustone; 12 Oberer Lias.

Darunter folgt tonig-lehmiger Verwitterungsschutt, der aber teilweise ebenfalls gerutscht ist. Im ganzen ist die Schuttdecke zwischen 10 und über 30 m mächtig. Nach Bohrungen des Geologischen Landesamtes Freiburg/Br. liegt die Obergrenze der ungestörten Opalinustone zwischen 15 und 35 m unter Flur (frdl. mündl. Mitt. von Herrn Prof. Dr. K. SAUER, Freiburg).

Drei kleine wasserführende Gerinne liegen im Rutschgebiet, deren äußerste zugleich etwa die Begrenzung der Eichberggrutschung bilden. Ihre Quellen liegen über den Wasserfallschichten der Opalinustone an der Grenze zu den Murchisonae-Schichten. Sie fließen teils in ihren natürlichen Kerben ab, teils sind sie in Gräben gefaßt oder verrohrt. Mehrfach treten auch Naßgallen aus, die zu fragmentarischen Flachmooren oder kleinen Tümpeln führen. Im Verlauf der Rutschung wurden weitere, zum Teil recht umfangreiche Wasseransammlungen beobachtet.

Malm	α	Birmensdorfer Schichten	Mergel	810–815 m NN
Dogger	ζ	Anceps-Schichten Callovien-Tone Macrocephalen-Bank	Mergelige bis kalkige Eisenoolithe	
		Varians-Schichten (Bathonien)	Tone und Tonmergel	805–810 m
	ϵ	Parkinsoni-Oolith Parkinsoni-Tonmergel	Oolithische Tonmergel	770–775 m
				733 m
	δ	Subfurcaten-Oolith Blagdeni-Schichten Ostreen-Kalke	Kalkmergel und Eisenoolithe	727 m
	γ	Obere Sowerby-Schichten Blaukalkbank Untere Sowerby-Schichten Sowerby-Oolith	Sandige Tone, Kalksandsteine dunkle Tone oolithische Mergelkalke	705–708 m
	β	Murchisonae-Schichten mit Oolith bei 700 m NN	Tonmergel, Kalkmergel	680–685 m
	α	Opalinus-Tone	Schiefrige Tone und Sandmergelbänke	ca. 560 m
Lias	ζ	Obere Schwarzjura-Mergel	Kalkmergel und Kalkbänke	

II. Erscheinungsformen der Rutschung

1. Die Ereignisse vom 7.–9. 1. 1966

In der Nacht des 7. Januar gerieten die Hänge des Eichbergs unter der „Bleiche“ in Bewegung, Anwohner wollen ein Knirschen oder Rumoren, etwa wie bei Erdbeben, gehört haben. Gegen 3 Uhr war die Kreisstraße zwischen Eschach und Achdorf durch zahlreiche Querspalten unpassierbar geworden. Im Laufe des Morgens schoben sich drei Erdwülste gegen die Straße vor. Der südlichste drückte die Bitumen-decke zusammen und hatte abends die Straße überschoben. Die Rutschung griff weiter bis zum Gegenhang über. Sie hob die Sohle des Krottenbachs um mehrere Meter an, was zu bedrohlichen Stauhaltungen führte. Weitere große Stauseen bildeten sich später auch oben am Eichberg zwischen dem großen Abriß an der Bleiche und der abgerutschten Masse; sie waren teilweise über 100 m lang, 30 m breit und über 5 m tief. Auch weiter unterhalb, im Bereich meist neu entstandener Senken („Leisten mit Gegenböschung“ in Abb. 3) traten größere Wasseransammlungen auf. Ein schier unübersehbares Gewirr von Spalten und Klüften verschiedener Richtung, Wülste, zahlreiche Abbrüche mit Rutschstreifen und Schollenfelder mit Staffel- und Grabenbrüchen bedeckten das Rutschgebiet. Einen bezeichnenden Ausschnitt gibt die Luftaufnahme (Bild 3) wieder.

Nach Augenzeugenberichten war die Bewegungsgeschwindigkeit am Vormittag des 7. 1. am größten. Sie wurde am südlichsten Straßenwulst mit über 1 m/h geschätzt, nahm nachmittags schnell ab und betrug am Nachmittag des folgenden Tages noch 3–4 cm/h. Nachrutschungen dauerten bis weit in den Sommer hinein.

Die horizontalen und vertikalen Verschiebungen sind beträchtlich. Leider unterblieben bislang photographische Aufnahmen oder Vermessungen, die genauen Aufschluß über die Massenverlagerungen geben könnten. Aus der Lageveränderung der Masten einer Hochspannungsleitung ergaben sich horizontale Gleitstrecken von 12 bis über 25 m im nördlichen Teil der Rutschung. Die Gleitstrecken der imposanten „Straßenwülste“ betragen nur zwischen 6 und 10 m. Die größten vertikalen Verschiebungen konnten an den obersten Abrißstellen im Wald zwischen 10 und 25 m Sprunghöhe festgestellt werden, erreichten aber auch an den unterhalb gelegenen mehrfach zwischen 10 und 20 m.

Im ganzen wurde ein Gebiet von mehr als 50 ha betroffen. Besonders groß waren die Schäden im nördlichen Rutschungsfeld sowie im Bereich der Schollen unter dem Hauptabriß im Wald. Rund 8 ha Wald und 12 ha landwirtschaftliche Nutzfläche wurden fast ganz vernichtet, etwa 17 ha Äcker und Grünland wurden stark aber wiederherstellbar beschädigt (nach frdl. Auskunft d. *Landwirtschaftsamtes Donaueschingen*). Die erst ausgebaute Kreisstraße wurde auf einer Länge von etwa 5 km durch Risse, Senkungen und Verschiebungen erheblich beschädigt und auf einer Strecke von 500 m völlig zerrissen, verstellt oder beiseite geschoben. Allein hierfür werden die Wiederherstellungskosten (nach frdl. Auskunft des *Straßenbauamtes Donaueschingen*) auf 500 000 DM veranschlagt. Eine in Durchführung befindliche Sanierung des gesamten betroffenen Gebietes wird ganz erheblich höhere Summen erfordern. Die Frage nach der Rentabilität solcher Maßnahmen wurde allerdings bislang kaum gestellt.



Bild 3: Das nördliche Rutschungsfeld

In der Bildmitte die Abrißspalten der „Straßenschollen“, deren Wülste die Straße drehen oder überschieben. Man erkennt auch die typische Abfolge Spalten–Wülste–Spalten–Wülste als Kennzeichen sich überschiebender Serienrutschung. Am linken Rand der Rutschung und im Vordergrund rechts verlaufen Verschiebungsklüfte in Richtung des Hanggefälles. Im Wald Abrisse der mittleren und oberen Teilrutschung. (Luftbild: BINDER-AVIATIK KG, Flugplatz Donaueschingen-Villingen; freigegeben durch Innenministerium Baden-Württemberg Nr. 44/106 v. 11. 1. 66)

2. Gliederung der Rutschung

Um einen genaueren Überblick über die morphologische Gliederung der Rutschung zu bekommen, begann ich am 9. 1. 66 mit einer Kartierung der wichtigsten Formelemente. Dabei wurden Spalten und Verschiebungsklüfte, Abrißnischen und Gleitflächen, Bruchschollenfelder, Leisten mit Gegenböschung, Wülste und Falten berücksichtigt.

Verschiebungsklüfte und -spalten unterscheiden sich von Abrißspalten dadurch, daß sie in der Bewegungsrichtung verlaufen und zwei Schollen unterschiedlicher Rutschgeschwindigkeit und Bewegungsrichtung trennen, was meist durch Fiederspalten und Scherrisse angezeigt wird. Bei Abrißnischen und Gleitflächen bestehen große Vertikalverschiebungen. Gleitflächen sind solche Abrisse, bei denen Rutschharnische beobachtet wurden; sie geben zugleich Auskunft über die Bewegungsrichtung. Bruchschollenfelder sind durch ein Mosaik sich annähernd senkrecht kreuzender Klüfte oder Spalten gekennzeichnet, an denen teilweise Vertikalverschiebungen von mehreren Metern stattfanden,

wobei Bruchstufen, Staffelbrüche und regelrechte Grabenbrüche entstanden. Leisten mit Gegenböschungen verlaufen quer zur Bewegungsrichtung und bilden meist langgestreckte, oft wassergefüllte Senken. Wülste und Falten verraten sich durch stark konvexe Zungen oder Scharen fast paralleler langgestreckter, wallartiger Formen etwa quer zur Bewegungsrichtung; letztere werden bis zu 1,5 m hoch und sind durch Stauchung zusammenhängender Rasendecken entstanden.

Die Karte (Abb. 3) läßt erkennen, daß die kartierten Formelemente nicht regellos, sondern nach einem zwar komplizierten, aber durchaus rekonstruierbaren System angeordnet sind. Vor allem fällt auf, daß sich die Formelemente mehrfach wiederholen und zu ganz bezeichnenden Formenserien gruppieren.

So treten Abrißnischen und -spalten, die im allgemeinen quer zur Bewegungsrichtung verlaufen, nicht nur am oberen Rand der Rutschung auf, sondern auch mehrfach weiter unterhalb. Sie wechseln ab mit Wülsten oder Faltscharen in meist streng periodi-

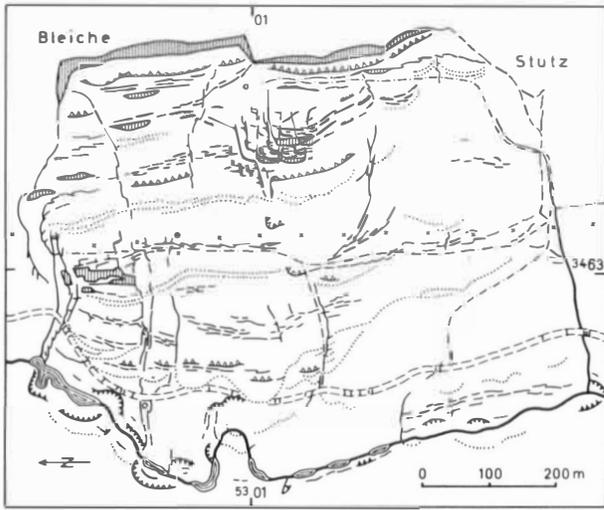


Abb. 3: Formelemente der Rutschung

- 1 Abrissnischen, Gleitflächen; 2 Verschiebungsklüfte, Spalten; 3 Bruchschollen; 4 Leisten mit Gegenböschung; 5 Wülste, Falten; 6 Abrisse im Hang der Bachkerbe; 7 Straße, Wege; 8 Masten nach der Rutschung; 9 Bohrungen

scher Reihenfolge. Ein weiteres System von Verschiebungsklüften und -spalten verläuft in Richtung des Hanggefälles und unterteilt die Rutschung in einzelne Streifen wechselnder Breite.

Diese Verteilung der Formelemente ist als Merkmal einer Rutschung anzusehen, die nicht als geschlossene Rutschmasse, sondern in verschiedenen „Rutschelementen“ (SCHMASSMANN, 1953, S. 57) unterschiedlicher Größe, Geschwindigkeit und Richtung talwärts glitt.

Es ist kaum möglich, alle primären und sekundären Rutschelemente genau zu rekonstruieren, weil infolge teilweiser Überlagerung der einzelnen Schollen vor allem manche Wülste durch Abrißspalten zerstört wurden, besonders im mittleren und oberen Teil der Rutschung. Andere Schollen zeichnen sich infolge geringer Bewegung oder annähernd synchron verlaufender Bewegung gleicher Geschwindigkeit und Richtung nicht deutlich voneinander ab. Dennoch lassen sich für das nördliche Rutschungsfeld 5 Rutschsysteme deutlich unterscheiden, die durch Verschiebungsklüfte weiter in 3–4 Schollen zerlegt sind. Die so erhaltene Gliederung der Gesamtrutschung wird in Abbildung 4 vorgelegt. Die Bezeichnungen für die Teilrutschungen und Schollen werden im folgenden zur leichteren Orientierung verwendet.

Danach folgen im nördlichen Rutschungsfeld von oben nach unten die „nördliche Waldscholle“, die „nördliche obere Teilrutschung“ mit mehreren Schollen, die „nördliche mittlere Teilrutschung“ mit 3–4 Schollen, die „Straßenschollen“ und die

„nördlichen Bachschollen“ untereinander. Im schwächer ausgeprägten südlichen Rutschungsfeld ist die oberste „südliche Waldscholle“ gut charakterisiert. Undeutlicher ist die „südliche obere Teilrutschung“ und die „südliche mittlere Teilrutschung“. Wieder deutlicher sind die „südlichen Bachschollen“ ausgebildet.

3. Gleitstrecken und Gleitrichtungen

Die Gliederung in Teilrutschungen und Schollen ließe sich exakt durch eine Darstellung der tatsächlichen Massenverlagerungen als Ergebnis eines Vergleichs der Geländevermessung vor und nach der Rutschung belegen und sogar quantifizieren. Wie erwähnt fehlt aber eine solche Vermessung. Hinsichtlich der horizontalen Gleitstrecken und Bewegungsrichtungen liefern lediglich die Hochspannungsleitung, die Straßen und Wege sowie die Rutschstreifen einige wesentliche Anhaltspunkte. Es war aber möglich, eigene deckungsgleiche Photographien aus der Zeit vor und nach der Rutschung (Mai 1964, Juni 1966) auszuwerten. Dazu kam ein (nicht entzerrtes) Luftbild des Jahres 1954, für dessen Überlassung ich Herrn Oberforstrat MEISTER, Donaueschingen, zu danken habe.

So ergaben sich für das Rutschgebiet etwa 60 Vergleichsmarken, aus denen sich Bewegungsdistanzen und -richtungen gewinnen ließen. In Abbildung 5 wurden die Gebiete gleicher Gleitstrecken als „Gleitstreckenzonen“ und die Bewegungsrichtungen zusammengefaßt.

Gewiß ist der Genauigkeitsgrad geringer als bei einer exakten Vermessung, bleibt aber mit einem Fehler von $\pm 10\%$ (ermittelt an Hand der kartierten Verschiebung der Hochspannungsleitung im Vergleich zur durch Bildvergleich erhaltenen Verschiebung) für die Zwecke der vorliegenden Studie genügend genau.

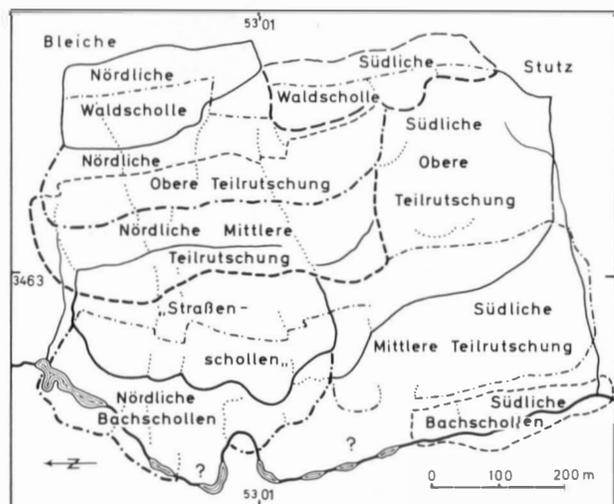


Abb. 4: Gliederung der Eichbergtrutschung

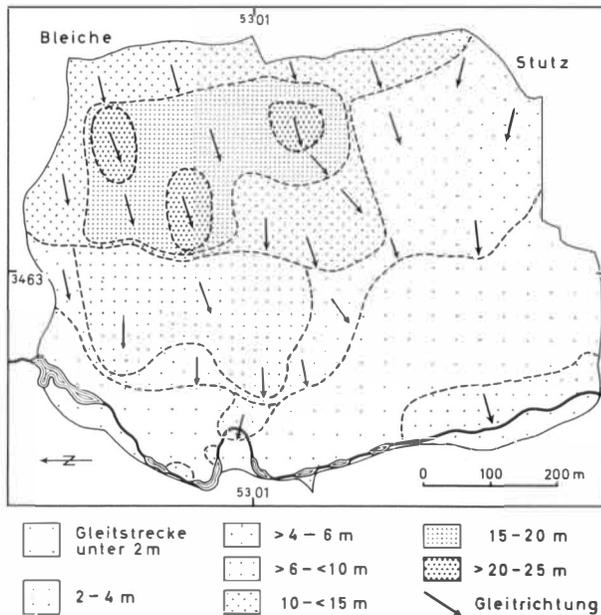


Abb. 5: Gleitstrecken und Gleitrichtungen

Erneut erweist sich, daß die Rutschung in voneinander getrennten, wenn auch nicht völlig unabhängigen Rutschelementen erfolgte. Ein Vergleich der Abbildungen 4 und 5 läßt eine Korrelation zwischen der Gliederung der Rutschung und den Gleitstreckenzonen erkennen. Eine Kongruenz von Gleitstreckenzonen und Rutschelementen war hingegen nicht zu erwarten, weil sich die meisten der dargestellten Rutschelemente teilweise überlagern und überlappen, wobei ihre Bewegung nicht synchron erfolgt sein muß. Mehrfach rutschten z. B. überschobene Schollenteile weiter mit der aktiv werdenden liegenden Scholle ab. So kann das ursprünglich einheitliche Rutschelement in zwei verschiedenen Gleitstreckenzonen erscheinen.

Die größten Gleitstrecken traten in der nördlichen oberen und mittleren Teilrutschung mit 15 bis 25 m auf. Die beiden Waldschollen erreichten zwischen 10 m und über 15 m und die nördlichen Straßenschollen zwischen 6 und 10 m horizontaler Gleitung. Deutlich zeigt sich auch der aus der morphologischen Kartierung resultierende Befund, daß das südliche Rutschungsfeld und die Bachschollen des nördlichen Feldes eine geringere horizontale Gleitung erfuhren.

Eine weitere Differenzierung erhält dieses Bild durch die Beobachtung der Bewegungsrichtungen. Wohl folgt die Bewegung generell der Richtung des größten Gefälles, weicht aber im einzelnen davon ab. Hier zeigt sich die Individualität der einzelnen Rutschelemente besonders gut, aber auch deren Wirkung auf die benachbarten Schollen. So scheren etwa die südlichen Schollen der nördlichen und mittleren Teilrutschung stark aus der allgemeinen Gleitrichtung aus. Ihr Vorstoß mit Strecken von 10–15 m nach Südwesten schob der südlichen oberen Teilrutschung einen

Keil vor. Umgekehrt liegen in der Richtung der weitesten Vorstöße höher gelegener Schollen auch die größten Gleitstrecken der weiter hangabwärts gelegenen.

4. Die Rutschelemente am Beispiel des nördlichen Rutschungsfeldes

Die Untersuchung der eigentlichen Mechanik setzt eine genauere Kenntnis der Rutschelemente voraus. Die Beschränkung auf ein besonders typisches Beispiel dürfte zweckmäßig sein. Dafür bietet sich ein Profil durch das nördliche Rutschungsfeld von Osten nach Westen (oben nach unten) an (vgl. Abb. 7).

Die nördliche Waldscholle ist durch einen großartigen Felsenabriß an der „Bleiche“ vom Eichberg abgesetzt. Der Klüftung folgend wurde ein fast rechtwinkliger, langgestreckter Ausbiß von 10–25 m Sprunghöhe geschaffen; dabei entstand eine 70–80° steile Wand. Das Hangende bilden Kalkmergel und Oolithe des Braunjuras δ . Die Wand selbst besteht vorwiegend aus dunklen Tönen der Sowerbyi-Schichten, die von einer rund 2 m mächtigen Blaukalkbank durchzogen werden. Etwa 10 m darunter folgt Sowerbyi-Oolith in 4–5 m mächtigen Bänken. Bei 700 m NN liegt der Oolith der oberen Murchisonae-Schichten, größtenteils durch Nachrutschungen verschüttet. In etwa dieser Höhe liegt das Dach der abgerutschten Waldscholle. Vor der Rutschung war es durchschnittlich 15° W geneigt, während es heute mit 3–4° E gegen den Hang verstellt ist. Die Bäume sind ebenfalls mit 12–23° gegen den Hang geneigt. Daraus resultiert eine Drehung der Scholle um 17–18° im Mittel. Das Schollendach bricht nach etwa 50 m plötzlich in mehreren Staffeln ab, den Abrißspalten und Gleitflächen der „oberen Teilrutschung“. Die Stirn der Waldscholle bildet rund 20 m unter diesen Spaltenscharen nochmals eine kleine gegen den Hang verstellte Fläche im Wald, die abermals in Staffeln abbricht bis zum Wulst, der in Faltenzügen am Waldrand liegt, rund 130 m vom obersten Abriß entfernt.

Die obere Teilrutschung beginnt mit den eben erwähnten Abrißspalten im Wald bei etwa 695 m NN. Zutage liegen Sowerbyi-Tone unter Gehängeschutt. Die zwischen 2 m und 4 m betragenden Sprunghöhen der einzelnen Spalten addieren sich zu einer vertikalen Gesamtverschiebung von 20–25 m. Die Gleitflächen fallen mit 60–75° ein. Außerhalb des überschobenen und zerbrochenen Wulstes der Waldscholle folgt eine früher steilere, nach der Rutschung rund 10° fallende, wenig gestörte Fläche. Ehemals lotrechte Bäume sind hier durchschnittlich etwa 15° (12–16°) gegen den Hang gestellt, was die Drehung der Scholle um diesen Winkel anzeigen dürfte. Annähernd 100 m von den Abrißspalten entfernt setzen bei 760–765 m NN die Abbrüche der nächstunteren „mittleren Teilrutschung“ ein. Der Wulst der oberen Teilrutschung ist auf die mittlere

überschoben, denn die Faltscharen treten bei 650–655 m NN auf, etwa 160 m von den Abrissen der oberen Teilrutschung entfernt.

Die mittlere Teilrutschung beginnt mit Abrißspalten und Gleitflächen bei 660–665 m NN. Kurz nach der Rutschung waren teilweise sehr schöne Rutschspiegel im Opalinuston zu erkennen. Die Sprunghöhen liegen zwischen 7 m und 20 m; der letzte Wert entspricht etwa der Gesamtsprunghöhe. Die Gleitflächen fallen mit $60\text{--}65^\circ$ ein und sind im Profil deutlich konkav. Die horizontale Gleitstrecke dieser Schollen erreicht über 25 m, was wegen der hier querenden Hochspannungsleitung gut verfolgt werden kann. Zwischen der durchschnittlichen Hangneigung vor und nach der Rutschung ergibt sich eine Differenz von rund 8° , die aber nicht durch die Hochspannungsmasten bestätigt wird: Hier spielen der Zug der Leitungsdrähte, örtliche Spaltenbildungen und verschiedene Untergrundverhältnisse mit. Schollenverbände von Gehängeschutt durchsetzen die Rutschmasse in den oberflächennahen Teilen.

Es folgen Abrißspalten und Gleitflächen der nächstunteren „Straßenschollen“ bei 630–640 m NN, während der Wulst der mittleren Rutschung in Gestalt dichter Faltscharen rund 200 m von den Abrißspalten der Scholle entfernt dicht davor liegt. Im Bereich des gewählten Profils ist somit die mittlere Teilrutschung die längste Scholle.

Die Straßenschollen sind durch prächtige Abrißstreifen von je 3–7 m Sprunghöhe (vgl. Bild 3, Bildmitte) insgesamt über 15 m von der mittleren Teilrutschung abgesetzt. Die freigelegten Opalinustone zeigten eindrucksvolle Rutschstreifen. Die Tone an diesen Gleitflächen waren recht plastisch. Noch nach Monaten hatten sie unter der geschrumpften harten Kruste die Eigenschaften von Quicktonen bewahrt. Die Gleitflächen fallen mit $60\text{--}75^\circ$ ein. Die Rutschmasse selbst enthält reichlich Gehängeschutt mit hohem Anteil von Varians-Material.

Die Straßenschollen bilden ausgeprägte Wülste, deren nördlicher und die beiden südlichen die Kreisstraße teilweise oder ganz überschoben. Vor dieser Überschiebung wurde die Straßendecke quer zur Bewegungsrichtung des Wulstes zerrissen und aufgewölbt. Die Schollenstirn drang also empor, bevor die plastischen Tone im Bereich der Gleitfläche „gletscherartig“ die Straße überkrochen. Dieser „Sohlentrieb“ (TERZAGHI, 1929, S. 423) ist zu beobachten, wo das Material der tieferen Bodenschichten weicher als das der höheren ist.

Die Straßenscholle des gewählten Profils erreicht eine Länge von rund 130 m. Die Bewegungen der Straßenschollen waren mit der Hauptrutschung vom 7.–9. 1. 66 nicht abgeschlossen, sondern dauerten bis mindestens August. Sie wurden neu intensiviert durch Straßenbauarbeiten, vor allem durch Anschneiden eines Wulstes.

Die Bachschollen beginnen mit Spaltenscharen von nur geringer Vertikalversetzung inmitten der Straßenschollen. Die Gesamtsprunghöhe liegt noch unter 5 m. Die Bewegung dieser Scholle hängt ursächlich mit der Überlagerung durch die Wülste der Straßenschollen zusammen. So bildeten sich ihre Abrisse erst nach fortgeschrittener Überschiebung der Straßenschollen am 9. 1. 66 deutlich aus. Weiter konnte die Abweichung früher lotrechter Objekte am 9. 1. mit $2\text{--}3^\circ$, Anfang März mit $4\text{--}5^\circ$ und Mitte Juni mit etwa 8° gemessen werden. Dem entspricht die Schrägstellung der Straße südlich der Überschiebung durch den Wulst der Straßenscholle. Auch hier handelt es sich also weniger um eine Kriechrutschung als um eine Drehung. Das wird auch durch folgende Beobachtung belegt:

Die Bachschollen greifen unter dem Krottenbach hindurch; ihre Stirnen werden teils durch Aufwölbungen, teils durch Abbrüche erkennbar. Dort tritt am Hals der auffallenden Bachschlinge eine große Querspalte auf, welche etwa 40° nach E (!) einfällt, wobei die bachseitige (östliche) Rutschmasse um rund 1 m herausgehoben ist. Es handelt sich also um die Stirn der Bachscholle, nicht um eine Rutschung, welche primär vom westlichen Bachgehänge ausgeht (vgl. Abb. 7 und Abb. 3).

Die Drehung der Bachschollen um einen Winkel von anfangs 3° hatte Hebungen der Bachsohle um 3–5 m zur Folge. Sekundäre Rutschungen im Bereich der steilen Bachkerbe (vgl. Abb. 3) ereigneten sich mehrfach. Die Anrisse am westlichen Bachufer repräsentieren meist die ursprünglichen, durch Drehung angehobenen Wülste der Bachschollen, die infolge der Steilheit der Bachgehänge teils zurücksanken, teils durch Erosion unterschritten wurden und abrutschten.

Die horizontalen Gleitstrecken der Bachschollen bleiben unter 2 m, was angesichts der großen Wirkungen wiederum für die erhebliche Bedeutung der Drehung gegenüber der Kriechrutschung spricht. Damit erhebt sich die Frage nach der Mechanik der Eichbergrutschung.

III. Zur Mechanik der Rutschung

1. Vorüberlegungen

Rutschungen vergleichbarer Art und Größenordnung ereignen sich in Gebieten mit geologisch ähnlichen Bedingungen bei hinreichend steilen Hängen. Das ist vor allem bei Schichtstufen der Fall, zu deren Rückverlegung sie entscheidend beitragen (vgl. ACKERMANN, 1959, MORTENSEN, 1960). Neben anderen hat HÖLDER (1953) am Albtrauf viele der auftretenden Formen mit Hilfe gekrümmter Gleit- oder Schaufelflächen erklären können. Doch führt die Annahme mehrerer Schaufelflächen-Niveaus zu Komplikationen bei der Mechanik und hinsichtlich der Massenbilanz. Sollten nicht unter Anwendung des Prinzips der sparsamsten Erklärung einfachere Modelle die auftretenden Phänomene hinreichend verständlich machen und widerspruchlos erklären können?

Solche Modelle werden seit längerem von der Ingenieurgeologie vertreten (TERZAGHI, 1929, 1950; BERNATZIK, 1947; SCHMASSMANN, 1953). Sie gehen gleichfalls aus von der im Gelände und durch Experimente vielfach bestätigten Beobachtung, daß sich Rutschungen auf gekrümmten Gleitflächen vollziehen. Das trifft auch für das Eichberggebiet zu. Dabei nimmt der Krümmungsradius in homogenen Medien vom Abriß zur Schollenstirn zu, so daß die Gleitlinie (= Gleitfläche im Schnitt) Teil einer wahrscheinlich logarithmischen Spirale ist. Man darf aber in guter Näherung die Gleitlinien als Kreisbögen ansehen. Die Rutschungen vollziehen sich als Drehungen von Zylinderabschnitten um eine gedachte Achse, deren Berechnung durchaus möglich ist. Das wird durch die typische Neigung ehemals lotrechter Objekte gegen den Hang angezeigt, worauf bei der Beschreibung der Rutschelemente oben mehrfach hingewiesen wurde. Nach dieser Hypothese konnte z. B. SCHMASSMANN (1953) die Wartenberggrutschung (Kanton Baselland) verständlich machen.

Vor der Anwendung auf unseren Fall sollen noch einige notwendige Überlegungen zur Kräftebilanz und zu den Voraussetzungen angestellt werden.

Je nach Lage des Schwerpunktes und der Drehachse einer potentiellen Rutschmasse ist der Hebelarm verschieden lang. Seine Länge a und das Gewicht G der Rutschmasse (= Gestein + Wasser über der Gleitfläche) ergeben das Drehmoment

$$(1) \quad M_G = G \cdot a$$

im Sinne einer Rutschung. Das Produkt wird auch „Kraftbilanz“ genannt. Ihm entgegen wirken die Innere Reibung (= Reibung zwischen Einzelkomponenten eines Lockergesteins) und die Kohäsion (= Haftwiderstand + Gefügewiderstand). Unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung dieser „Scherwiderstände“ W über die ganze Länge l der Gleitfläche bei gegebenem Radius r (und einer Gleitstreifenbreite von 1 m) ergibt sich das Drehmoment

$$(2) \quad M_W = W \cdot l \cdot r$$

Das Produkt wird auch „Widerstandsbilanz“ genannt. Die Stabilität wird dann durch das Verhältnis von Kraftbilanz und Widerstandsbilanz ausgedrückt; sie ist um so größer, je größer die Widerstandsbilanz ist. Eine Rutschung erfolgt, wenn

$$(3) \quad M_G > M_W$$

wird (TERZAGHI 1929). Freilich ist eine quantitative Berechnung dieser Größen im vorliegenden Falle nicht möglich, weil die Gleitflächen teils an der Untergrenze des Gehängeschutts zum Anstehenden, teils aber auch im Gehängeschutt selbst liegen, der seinerseits inhomogen ist.

Zur Konstruktion der Rutschelemente auf kreiszylindrischen Gleitflächen ist das auch nicht erforderlich. Hingegen müssen folgende Voraussetzungen angesetzt werden:

1. Die Gleitlinien sind Kreisbögen. Dann stehen alle Radien auf ihnen senkrecht.
2. Während der Gleitung behält die Scholle im wesentlichen ihre Form als Zylinderabschnitt bei. Dann ist die

Verbindungsline zwischen Abriß und Schollenstirn in der Rutschrichtung eine Sekante, deren Mittellot durch die Drehachse geht. Schließlich ist dann das durchschnittliche Winkelmaß der Abweichung lotrechter Gegenstände von der Senkrechten der Drehwinkel der Scholle.

Messungen im Gelände liefern die nötigen Daten, welche sich widerspruchlos in die Konstruktion einfügen müssen. Insbesondere muß die Konstruktion folgenden Anforderungen genügen:

1. Es muß eine befriedigende Übereinstimmung der Massenbilanz erzielt werden, die sich aus den Reliefverhältnissen vor der Rutschung, der hypothetischen Drehbewegung der Scholle während der Rutschung und dem Relief nach vollzogener Rutschung ergibt.
2. Die Konstruktion muß den tatsächlichen Massenverlagerungen und der kartierten Lage der Formelemente gerecht werden.
3. Die Konstruktion müßte innerhalb tragbarer Fehlergrenzen die wirkliche Tiefe der Rutschung bzw. der Gleitflächen angeben.

2. Anwendung auf die Eichberggrutschung

Auf Grund der genannten Voraussetzungen wurde die Konstruktion für das bereits beschriebene Profil im nördlichen Rutschungsfeld durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 6. Das Modell erfüllt die gestellten Forderungen mit nur geringen Fehlern, die aus Meßungenauigkeiten resultieren. Die Berechnung der Rutschtiefen erfährt eine Stütze durch die später erfolgten Bohrungen. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. K. SAUER, Freiburg, wurden im nördlichen Rutschungsfeld 3 Bohrungen niedergebracht, die hinsichtlich der Tiefe des unveränderten Anstehenden mit den entsprechenden Werten der Konstruktion verglichen werden sollen:

Rutschelement	Obergrenze des Anstehenden (m unter Flur)	
	Berechnung	Bohrergebnis
Obere Teilrutschung	28 m	24 m
Mittlere Teilrutschung	30 m	29 m
Bachschole, mittlerer Wulst	30 m	34,8 m

Es muß noch berücksichtigt werden, daß nur die mittlere Bohrung genau im konstruierten Profil liegt.

3. Wahrscheinlicher Ablauf der Rutschung

Danach wird folgender Ablauf der Rutschung wahrscheinlich: Die obersten Waldschollen lösten sich aus noch zu klärender Ursache entlang den Klüften aus dem Zusammenhang des Anstehenden, als das Drehmoment der Widerstandskräfte kleiner wurde als dasjenige der zur Gleitung drängenden Kräfte. Die Scholle begann sich zu drehen. Solche Drehungen

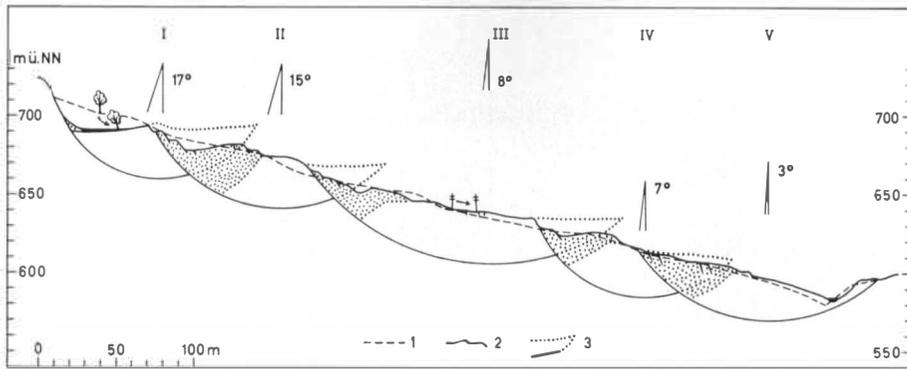


Abb. 6: Profil der Eichberggrutschung – nördliches Feld

Konstruktion der Schollen auf zylindrischen Gleitflächen: 1 Oberfläche vor der Rutschung; 2 Oberfläche nach der Rutschung; 3 Schollenlage nach der Drehung auf der Gleitfläche (hypothetisch); I nördliche Waldscholle ($r = 70$ m); II obere Teilrutschung ($r = 90$ m); III mittlere Teilrutschung ($r = 145$ m); IV „Straßenscholle“ ($r = 80$ m); V „Bachscholle“ ($r = 105$ m)

wurden bei früheren Rutschungen auch am Scheffheu als der eigentlichen Rutschung vorausgehend beobachtet. Dabei belastete die Stirn der Waldscholle die nächstuntere – potentielle – obere Teilrutschung. Da bei tonigen Gleitflächen eine zeitliche Phasendifferenz zwischen Druckzunahme und ihr entsprechender Reibungserhöhung auftritt (TERZAGHI, 1929), also die Reibungsziffer vorübergehend sinkt, konnte die Drehung der oberen Teilrutschung ausgelöst werden. Gleichzeitig sackte die Stirn der Waldscholle nach, wobei sich Abbrüche und Spalten bildeten. Freilich hat sich die Scholle nicht im vollen, der Gesamtdrehung entsprechenden Umfang der Abbildung 6 (punktierte Linie) überschoben, bevor die obere Teilrutschung ausgelöst wurde; vielmehr glitt nach Beginn der Überschiebung der Waldschollenwulst auf die wegdrehende nächstuntere Scholle ab. Weitere Belastung löste deren weitere Drehung aus, worauf neues Nachgleiten der höheren Scholle folgte bis zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes.

Die Drehung der oberen Teilrutschung bewirkte aus den gleichen Gründen die Drehung der mittleren Teilrutschung, wobei wiederum im Maße der fortschreitenden Drehung beider ein Abbrechen und Abgleiten der sich überschiebenden Schollenfronten erfolgte. So

pflanzte sich die Rutschung über die Straßenschollen bis zu den Bachschollen fort. Diese kamen auch nach den Beobachtungen zuletzt in Bewegung. Die Serientgleitung dauerte fort, bis im ganzen Rutschgebiet die Kraftbilanz so groß wie die Widerstandsbilanz wurde. Wie die Nachrutschungen des Sommers und das Aufleben der Bewegungen schon bei geringen Eingriffen (Straßenbau) zeigen, ist die Stabilität noch nicht groß. Es kam zu sekundären Schollenbildungen vor allem am Schollenfuß und -kopf. So erklärt sich das nachträgliche Auftreten von „Leisten mit Gegenböschungen“ nahe den abgerutschten Schollenstirnen bzw. Wülsten (vgl. BERNATZIK, 1947, Abb. 150).

Die im nördlichen Rutschungsfeld beobachtete Abnahme der Drehwinkel von oben nach unten muß keinesfalls die Regel sein. Schon für die Bachschollen der südlichen Rutschung ergeben sich größere Drehwinkel als für die höher gelegenen Schollen dieses Feldes. Werden die Rutschungen – wie meist – am Hangfuß ausgelöst, nehmen die Drehwinkel nach oben ab, desgleichen die Tiefen der Gleitflächen, während die Schollen selbst länger werden (BERNATZIK 1947, S. 274). Aber auch das ist nicht immer der Fall. Jede potentielle Scholle hat ihre eigenen Bedingungen. Demzufolge können quantitativ gleiche Ursachen bei verschiedenen Schollen quantitativ verschiedene Wirkungen zeitigen. Dabei dürfte neben der Hangneigung das Ver-

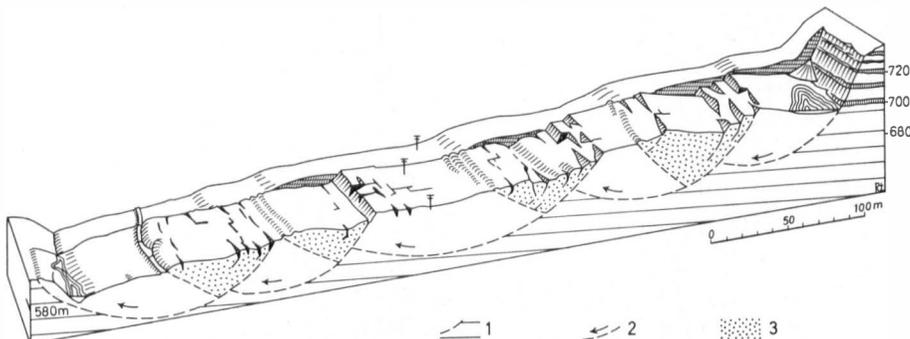


Abb. 7: Typische Formengruppe der Eichberggrutschung, etwas schematisch (nicht überhöht!)

1 ungestörte Gesteinsschichten; 2 im Verband der Scholle gedreht; 3 Trümmer und Kleinstschollen im Bereich der überschobenen, nachgesackten Schollenstirn

hältnis von (zerklüftetem) Gestein und homogenem Ton für die Lage der Gleitflächen entscheidend sein.

Für den Zweck einer anschaulichen Übersicht über die Formengruppen und ihren Zusammenhang mit der Mechanik der Gleitung wurde in Anlehnung an die wirklichen Proportionen das Blockbild der Abb. 7 entworfen.

IV. Die Ursachen der Rutschung

Wegen zahlreicher Unbekannter kann eine quantitative Ursachenanalyse nicht durchgeführt werden. Aber es erscheint möglich, die rutschungsfördernden Faktoren deutlich zu machen und die notwendigen und hinreichenden Voraussetzungen für den Fall der Eichberg-rutschung abschließend zu diskutieren.

1. Hangneigung und geologischer Untergrund

Aus der einleitenden Skizze der geologischen Verhältnisse ergibt sich bereits, daß die starke Hangneigung ein Faktor ist, der die Rutschungen zweifellos erheblich begünstigt. Dazu kommt, daß die sehr quellungsfähigen Opalinustone die geologische Unterlage fast des gesamten Rutschgebietes bilden. Eine Quellung setzt die Widerstandsbilanz an der Grenze zum nicht gequollenen Untergrund entscheidend herab. Sie wird bedingt durch die Wasserführung des Untergrundes, welche wiederum vornehmlich durch die Niederschläge geregelt wird.

2. Niederschlagsverhältnisse

Die Zusammenhänge zwischen Niederschlagsverhältnissen und Rutschereignissen hat SCHMASSMANN (1953) in seiner sehr sorgfältigen Untersuchung für die Schweiz verfolgt. Danach geht den großen und tiefreichenden Rutschungen in der Regel eine längere Periode mit Niederschlagsüberschüssen voraus. Als Auslösemoment tritt aber kurz vor der Bewegung ein weiterer Wasserzuschuß auf.

Nach Auskunft des *Wetteramtes Freiburg* ergab sich für die Zeit vor und während der Rutschung bei der dem Eichberg nächstgelegenen Station Donaueschingen (700 m NN, 12 km nördlich der Rutschung) folgende Niederschlagsverteilung:

Donaueschingen 700 m NN	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
Niederschläge in mm	14,8	148,5	158,5	64,9
% des langjähr. Mittels	23	263	299	138

Dem Rutschereignis ging also eine längere Zeit außergewöhnlich hoher Niederschläge in den Monaten November und Dezember voraus. Es ist nicht zweifelhaft, daß dadurch die Widerstandskräfte besonders an der Grenze des relativ durchlässigen Schuttes zu den Tonen, also an den potentiellen Gleitflächen, erheblich herabgesetzt wurden.

Zur Frage des auslösenden Wasserzuschusses ergab sich weiterhin folgendes: Nach erheblichen Niederschlägen in der 1. Dezemberwoche (54,3 mm =

102,5 % des langjährigen Monatsmittels!) fielen in der 2. Dezemberwoche nochmals 46,2 mm (= 87,2 % des Monatsmittels). Die 3. Dezemberwoche hatte nur am 18. 12. einen meßbaren Niederschlag von 13,5 mm (= 25,4 % des Monatsmittels). In der 4. Dezemberwoche gingen 32,5 mm (= 61,2 % des Monatsmittels) größtenteils als Schnee nieder. Die letzten 3 Dezembertage brachten nochmals 12 mm (= 22,6 % des Monatsmittels) Schnee, der am Eichberg liegenblieb. In der 1. Januarwoche unmittelbar vor der Rutschung fielen 28,1 mm (= 60 % des Monatsmittels) mit Ausnahme des 4. 1. als Regen. Zwischen 5. 1. und 10. 1. erfolgte kein weiterer Niederschlag.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich für die Bodendurchnässung nach der Niederschlagspause um die Monatsmitte praktisch eine weitere Pause in der letzten Dezemberdekade ergab, weil am Eichberg eine Schneedecke lag. Diese begann durch die Regenfälle vom 1.–3. 1. 66 schnell zu schmelzen, so daß die Niederschläge der letzten Dezemberdekade im wesentlichen erst in der 1. Januarwoche im Sinne der Rutschung wirksam wurden. So gesehen, standen innerhalb von 3 Tagen nochmals 144 % der gesamten durchschnittlichen Niederschlagsmenge des Januars zur Verfügung. Dabei blieben die Niederschläge des 4. 1. 66 außer Ansatz, da sie als Schnee erfolgten (vgl. Bild 3).

Demnach treffen die Voraussetzungen für eine Rutschung hinsichtlich der Niederschläge im Fall der Eichberg-rutschung zu; und das um so mehr, als nach den erheblichen Niederschlägen im November und Dezember wahrscheinlich ein nur noch geringer Anstoß zur Rutschung nötig war.

Offen bleiben indes die Gründe für die spezielle Begrenzung der Rutschung auf ganz bestimmte Geländeteile, obwohl benachbarte, morphologisch-geologisch und klimatisch vergleichbare Areale mit früheren Rutschungen nicht in Bewegung gerieten. Man wird also nach anderen Mitursachen fragen müssen.

3. Mächtigkeit und Eigenschaften der Schuttdecke

Ein Blick auf die Geologische Spezialkarte (Blatt Blumberg) zeigt, daß sich das Rutschgebiet außer im Norden exakt mit jenem Bereich deckt, den SCHALCH als „im festen Verband abgerutschte Gebirgsschollen“ kartiert hat (Dogger und Malm). Die Schuttmächtigkeit beträgt hier unter den steilen Hängen des Eichbergs wie erwähnt 15–35 m und nimmt nach Norden und Süden schnell ab. Die beiden das Rutschgebiet etwa begrenzenden Bäche schließen zugleich das Areal mit der mächtigsten Schuttdecke (Ausnahme im Norden!) unter dem Eichberg ein.

Die Bedeutung einer Schuttdecke für Rutschungen hat bereits SCHMASSMANN (1953) betont. Einmal ist der Scherwiderstand an der Grenze zum liegenden Ton besonders gering, so daß hier eine potentielle Gleitfläche besteht. Dazu kommt das Gewicht der Schuttdecke, das mit der Mächtigkeit zunimmt und

bei verminderter Widerstandsbilanz (unter Berücksichtigung der Phasendifferenz zwischen Druckzunahme und Reibungserhöhung vgl. S. 177) die Rutschung begünstigt. Endlich kann das Wasser in der von Hohlräumen, Klüften, Schichtfugen und Haarrissen durchzogenen Schuttdecke leicht versickern und sich auf der Oberfläche des Opalinustoness sammeln. Dadurch erfolgt eine weitere Verminderung des Scherwiderstandes. Die Gewichtszunahme des Schuttes durch gespeichertes Sickerwasser bei mangelndem Abfluß auf der Gleitfläche ist demgegenüber wohl als gering zu veranschlagen; denn der Schutt war auch während des Rutschens fast trocken. Nur an den Abrißspalten und Gleitflächen wurden ausgesprochen plastische Tone und Wasseraustritte beobachtet. Hier hat stellenweise ein richtiger Wasserfilm bestanden, wie auch aus einem etwa halbstündigen Wasserausbruch hervorgeht, der noch während der Bohrung „Mittlere Teilrutschung“ im Juni 1966 erfolgte.

Doch bestanden auch hinsichtlich der Schuttdecke wie der Witterungsverhältnisse sicher auch früher schon ähnliche Bedingungen, als z. B. 1880 und 1940 die großen Rutschungen der Umgebung abgingen. Allerdings wäre zu berücksichtigen, daß infolge fortschreitender Verwitterung inzwischen weitere Opalinus-Schichten in die potentielle Rutschmasse einbezogen wurden. Das mag ein möglicher zusätzlicher Grund für das nach Jahrzehnten wiederholte Gleiten alter Rutschungen sein.

Es bliebe aber das Fortschreiten der Rutschung von oben nach unten zu erklären; denn die meisten Rutschungen beginnen am Hangfuß. Außerdem bleibt offen, warum die Rutschung nur im Süden mit der Ausdehnung der mächtigsten Schuttdecke übereinstimmt, nicht aber am Nordrand, wo gerade hier die intensivsten Massenverlagerungen stattfanden. Gewiß wirkten die bis 2 m tiefen Bachkerben als Schwächelinien, die eine Lostrennung der Rutschmasse begünstigten. Aber einige Male greifen die Gleitschollen auch über die Bäche hinaus (vgl. Bild 3).

4. Weitere Mitursachen: Abfluß und Versickerung

Sicher hängt die Rutschung in erster Linie von den Niederschlägen und ihren die Widerstandsbilanz herabsetzenden Wirkungen ab. Das setzt starke Versickerung voraus. Umgekehrt wirkt ein großer Oberflächenabfluß tiefgehenden Rutschungen entgegen. Der Oberflächenabfluß hängt bei gegebenen Niederschlagsmengen ab vom Wassergehalt und der Porosität des Bodens, von der Hangneigung und von der Vegetation (KELLER, 1961).

Die Rutschung begann in der Felswand „Bleiche“. Die hier anstehenden Kalksandsteine und oolithischen Mergel sind stark geklüftet und von Verwitterungsspalten durchzogen. Schichtfugen sind zahlreich. So ist das Hohlraumvolumen und damit die Durchlässigkeit groß. Hingegen treten in den liegenden Sowerby-Tonen zahlreiche Naßgallen aus. Die Niederschläge

und der vom Eichberg kommende Oberflächenabfluß fanden also im Wurzelbereich der Rutschung einerseits verstärkte Versickerungsmöglichkeiten, andererseits wasserstauende Schichten in größerer Tiefe. In den Spalten konnte daher ein „hydrostatischer Seitendruck“ (sensu TERZAGHI) auftreten, der eine Gleichgewichtsstörung und damit die endgültige Trennung der Waldscholle von der Wand bewirkte, was die Drehbewegung einleitete.

Für Hangneigungen oberhalb von 3% bestehen offenbar keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Abfluß und Versickerung (HESMER & FELDMANN, 1953). Möglicherweise haben aber die sanfteren Hangpartien des Rutschfeldes und die örtlichen Senken die Versickerung begünstigen können. Andererseits ist gerade hier die Porosität gering.

In den Senken der Rutschungen am Scheffheu und Buchberg liegen seit Jahrzehnten Teiche und Tümpel. Vielleicht früher bestehende Versickerungsfugen sind durch die Rutschung selbst und durch Tonquellungen längst abgedichtet worden. Für die Auslösung künftiger Rutschungen fallen sie kaum ins Gewicht, da Wasser wegen des geringeren spezifischen Gewichtes die Kraftbilanz weniger vergrößert als Gesteinsmassen. Die geplante Auffüllung der Senken mit Schutt wäre hier bedenklicher.

Eindeutige Beziehungen bestehen zwischen Oberflächenabfluß und der *Vegetation* (NÄGELI, 1959, u. a.). Nach allen vorliegenden Beobachtungen ist die Versickerung unter Wald mit meist über 90% der Niederschläge am größten. Da zudem die Verdunstung im Winter stark eingeschränkt ist, konnte am Eichberg fast der gesamte Niederschlag den Gleitflächen zufließen. Tatsächlich liegen gerade die Wurzeln der Rutschung – auch dort, wo steile Wände fehlen – innerhalb des Waldes, der mit 8–10 ha rund 15% der Rutschungsfläche ausmacht. Das stimmt überein mit Beobachtungen aus anderen Gebieten (vgl. SCHMASSMANN, 1953, S. 116 f.), so daß Wald offensichtlich gerade tiefgehende Rutschungen begünstigt*).

Wie mehrfach erwähnt wurde, ist entgegen der Erwartung das Gebiet am Nordrand der Rutschung in nächster Nähe der intensivsten Massenverlagerungen nicht wesentlich gerutscht, obwohl die Bedingungen dafür vorhanden sind. Hierfür kann ein Umstand geltend gemacht werden, der ebenfalls das Verhältnis zwischen Abfluß und Versickerung betrifft.

Es fällt nämlich auf, daß das Rutschgebiet im Vergleich zu benachbarten Gewannen einen wesentlich höheren Ackeranteil aufweist. Durchschnittlich beträgt dieser etwa 20%, erreicht aber im Rutschgebiet rund 28% LNF. Demgegenüber beträgt der Ackeranteil im nicht gerutschten Areal nördlich der Rutschung nur 14% LNF. Diese Zahlen sprechen für einen Zusammenhang zwischen Ackeranteil und Gleitge-

*) Womit andere Wohlfahrtswirkungen des Waldes nicht bestritten werden sollen.

schehen. Auch SCHMASSMANN (1953, S. 118) führt an, daß Rutschungen im Acker- und Rebland besonders häufig sind.

Es ist anzunehmen, daß die offenen, gepflegten Ackerböden mit ihren rückhaltenden, meist hangquerenden Pflugfurchen die Versickerung besonders begünstigen konnten. So fanden DELFS und Mitarbeiter (1958) im Harz auf offenen Mineralböden Abflußwerte von nur 10 % der Niederschläge. Demgegenüber ist der Abfluß auf den verdichteten (beweideten) Böden der Mesobrometen und einschürigen Mähweiden sicher größer. NÄGELI (1959) ermittelte für Weiden der Schweiz Abflußwerte zwischen 50 und 78 %. Im gleichen Sinne äußert sich SCHMASSMANN (1953, S. 118).

Abschließend soll betont werden, daß erst der gesamte Bedingungskomplex der genannten Faktoren die Lage und das Ausmaß der Eichbergrutschung verständlich macht.

Literatur

- ACKERMANN, E.: Der Abtragungsmechanismus bei Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe. Zeitschr. f. Geomorphologie N. F. 1959.
- BERNATZIK, W.: Baugrund und Physik, Zürich 1947.
- DELF, J., W. FRIEDRICH, H. KIESEKAMP u. A. WAGENHOFF: Der Einfluß des Waldes und des Kahlschlages auf den Abflußvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. Mitt. aus d. Niedersächs. Landesforstanstalt, „Aus dem Walde“ H. 3. Hannover 1958.
- ERB, L.: Der Zeitpunkt der Wutachablenkung und die Parallelisierung der würmzeitlichen Stadien des Schwarzwaldes mit denen des Rheingletschers. Mitt. d. Bad. Landesver. f. Naturk. und Naturschutz N. F. 3, 22. Freiburg 1937.
- FRENTZEN, K.: Die Foraminiferenfaunen des Lias, Doggers und unteren Malms der Umgebung von Blumberg. Beitr. naturk. Forsch. Oberrheingebiet, 6. Karlsruhe 1941.
- GEYER, O. F. u. M. P. GWINNER: Der Schwäbische Jura. Sammlung Geolog. Führer, Bd. 40. Berlin 1962.
- HESMER, H. u. A. FELDMANN: Der Oberflächenabfluß auf bewaldeten und unbewaldeten Hangflächen des südlichen Sauerlandes. Forstarchiv 1953.
- HÖLDER, H.: Erosionsformen am Trauf der Schwäbischen Alb. N. Jb. Geol. Paläontol. Abh. 97, Stuttgart 1953.
- KELLER, R.: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Berlin 1961.
- MORTENSEN, H.: Neues über den Bergrutsch südlich der Mackenröder Spitze und über die holozäne Hangformung an Schichtstufen im mitteleuropäischen Klimabereich. Zeitschr. f. Geomorphologie, Supplementbd. 1. Berlin 1960.
- NÄGELI, W.: Versuche zum Problem des Oberflächenabflusses bei Wald und Weideböden. Publ. Nr. 48 de l'Assoc. internat. d'Hydrolog. Sci., Gentbrugge 1959.
- SAUER, K.: Beiträge zur Stratigraphie von Calloviem und Oxfordien am Südwestfuß und auf der Südostabdachung des Schwarzwaldes. Jb. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N. F. 34. Stuttgart 1953.
- : Die Rutschungen auf Gemarkung Achdorf (Landkreis Donaueschingen). Mitt. Bad. Landesver. Naturk. u. Naturschutz N. F. 6. Freiburg 1956.
- u. G. WAGNER: Exkursion in die Westalb am 14. bis 15. September 1953. Z. dt. Geol. Ges. 105, Hannover 1954.
- SCHALCH, F.: Der braune Jura (Dogger) des Donau-Rheinzuges nach seiner Gliederung und Fossilführung. Mitt. Bad. Geol. L. A. 3, Heidelberg 1899.
- SCHMASSMANN, H.: Die Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs. Tätigkeitsber. d. naturf. Ges. Baselland 19, Liestal 1953.
- TERZAGHI, K. v.: Bergstürze und Erdbeben. In: REDLICH, TERZAGHI, KAMPE: Ingenieurgeologie. Wien u. Berlin 1929.
- : Mechanism of Landslides. In: Geological Society of America, Appl. of Geol. to Engineering Practice. Berkeley Vol. New York 1950.